

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

**Окладникова Н.В.\* , Дроздова Т.Н., Пономарева С.В., Орелкина Т.А.,  
Лындина Е.Н.**

*Руководитель - к.т.н., доцент Перебоева А.А.*

Организация\* г. Дивногорск, ООО «Литейно-механический завод  
«СКАД», г. Красноярск, ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,  
институт цветных металлов и материаловедения  
e-mail: lyndina85@mail.ru

На кафедре «Металловедения и термической обработки металлов» института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета был выполнен ряд работ по освоению методик количественной оценки параметров металлографических структур. Исследования структуры выполнялись на алюминиевых сплавах серии 6000 и силуминах. Выбор данных материалов для исследования связан с тем, что сплавы серии 6000 содержат в основном  $\alpha$ -твердый раствор на основе алюминия, а силумины, кроме твердого раствора, имеют в своем составе эвтектику, в которой металлографически хорошо выявляются составляющие ее фазы. В данной работе рассматривается подробно методика определения количественной оценки структуры силуминов.

На начальном этапе работы оценивался размер зерна алюминиевых деформируемых сплавов серии 6000. Затем задача была усложнена, и определялась объемная доля  $\alpha$ -твердого раствора, доля модифицированной и непромодифицированной эвтектики, а также размеры структурных и фазовых составляющих на образцах литейного алюминиевого сплава эвтектического состава марки АК12. Кроме того, в эвтектике силуминов были количественно определены содержание кремния и размер его кристаллов.

Количественная оценка выполнялась на микроскопе Axio Observer.A1m при различных увеличениях от 100 до 500 крат. Программное обеспечение для анализа изображения это – измерительные модули Interactive Measurement и Program Wizard в составе приложения Axio Vision. С помощью программного инструмента Interactive Measurement измерялись размеры зерен. Определение доли  $\alpha$  -твердого раствора и долей модифицированной и непромодифицированной эвтектик, размеров структурных и фазовых составляющих выполнялось посредством вычислительного модуля для анализа изображения, Program Wizard. В пределах вычислительного модуля была написана программа, позволяющая в дальнейшем проводить автоматические расчеты для образцов сходного состава.

В основе программы лежит последовательный анализ изображения. Программа в диалоговом режиме предлагает выполнить обработку изображения в несколько шагов. После завершения работы, результаты вычислений доступны для дальнейшего использования и редактирования как

индивидуальные цифровые данные изображения.

На начальном этапе проводится световая и цветовая коррекция изображения, чтобы достичь максимальной четкости рисунка. Следующий этап – графическое (цветовое) разделение фазовых областей структуры. На выбранные объекты накладывается так называемая «маска измерения», которая в дальнейшем используется для расчетов. Накладываем первую цветовую маску на области алюминиевого твердого раствора ( $\alpha$ -фаза), и вторую – на эвтектику ( $\alpha + \text{Si}$ ) с выделением в ней только кристаллов кремния.

Далее, в несколько этапов идет обработка масок измерений. Чтобы повысить точность расчетов, удаляются области масок, не входящие в диапазон расчетов, наложенных при автоматической обработке, добавляются объекты, которые по тем или иным причинам не были захвачены при автоматической обработке. Данный этап выполняется ручной коррекцией выделений.

Определение объемных долей модифицированной и непромодифицированной эвтектик в автоматическом режиме не представляется возможным, так как эти две структурных составляющих имеют одинаковую световую тональность после приготовления и травления микрошлифов. В связи с этим на микрошлифах в полуавтоматическом режиме выделялась доля непромодифицированной эвтектики, которая по предварительной оценке занимает площадь в 3-5 раз меньшую, чем модифицированная. Количество модифицированной эвтектики оценивалось как разница площади зрения шлифа за вычетом суммы площадей, занимаемой  $\alpha$ -твердым раствором на основе алюминия и непромодифицированной эвтектики.

Следующий этап – непосредственно измерения. Программа содержит обширный набор функций измерения и графической обработки изображений. Размер зерна и размеры структурных и фазовых составляющих оценивались с помощью функций Feret Maximum и Feret Minimum. Используя созданную на предыдущих этапах расчетную маску, программа вычисляет максимальный и минимальный размеры зерен  $\alpha$ -фазы и кристаллов кремния, входящих в эвтектику.

Доля  $\alpha$ -твердого раствора в модифицированной и непромодифицированной эвтектиках определялась следующим образом - на участки данных эвтектик накладывались две разные расчетные маски. Далее задавалась функция «Процент площади» (Area Percent) и программа подсчитывала процентное соотношение, занимаемое каждой из расчетных масок. Результаты расчетов отображены в виде числовых значений и сведены таблицы. Каждому объекту расчетной маски будет соответствовать своя строка таблицы. Результаты вычислений доступны для дальнейшего использования и редактирования как индивидуальные цифровые данные изображения.

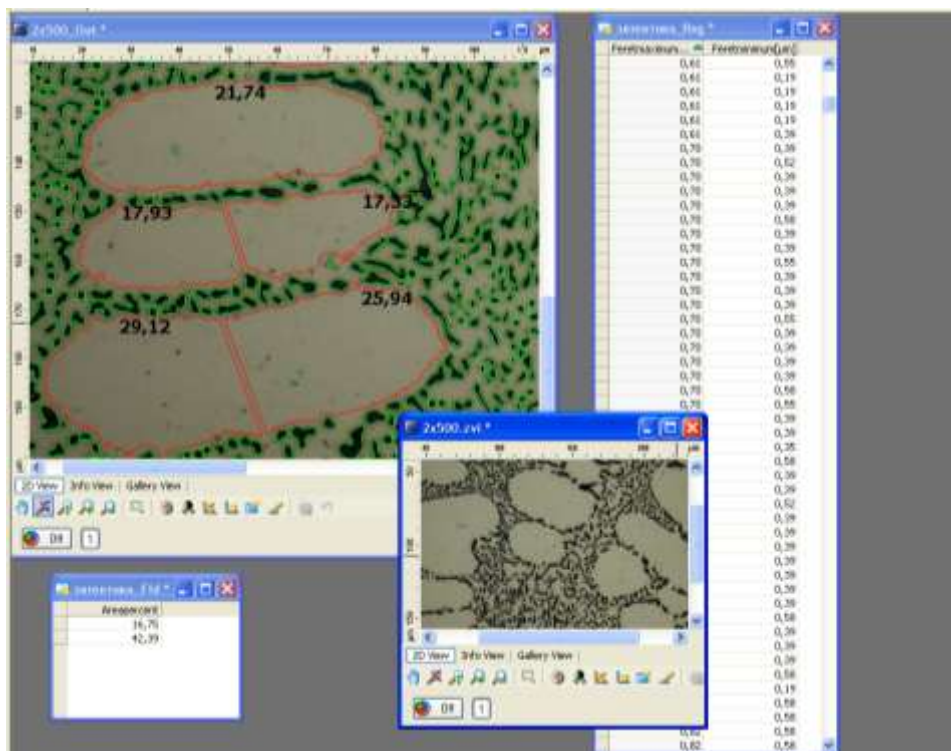


Рисунок - Обсчет выделенных объектов с помощью программы

Обработка и анализ изображения основаны на том, что разные элементы структуры при съемке имеют различную тональность. Если на элементы наложить цветовую маску, то одинаковые структурные составляющие окажутся под одной цветовой маской, что делает возможным одновременную автоматическую цифровую обработку этих элементов.

Появляется возможность работать со всеми элементами изображения, а поскольку в расчеты включаются все объекты исследования, то повышается информативность и точность полученных результатов за счет значительного массива статистических данных. Все характеристики структуры представлены в виде цифровых значений, которые доступны для дальнейшего анализа и статистической обработки, что существенно экономит время работы. Также исчезли ограничения по размерам обрабатываемых структурных составляющих – в данном случае стало возможным определить размеры кристаллов кремния в эвтектике, что при ручной обработке структур, исследуемых при помощи оптического микроскопа, не представляется возможным. При сравнении с ручными методами статистической обработки структуры силуминов, эффективность работы труда в результате применения данной программы возрастает в 5 раз.